

ВЫБОР МАСШТАБА СПЕЦИАЛЬНЫХ (ВЕДОМСТВЕННЫХ) ТОПОГРАФИЧЕСКИХ СЪЕМОК

Г. Н. ГУЩИН

(Представлено научным семинаром кафедр маркшейдерского дела и геодезии)

Общие сведения

Топографические съемки масштабов 1:5000—1:500 имеют целью получить графо-аналитический материал, используемый при разрешении различного рода задач народного хозяйства. Точность этого материала зависит, в основном, от масштаба съемки. В то же время стоимость и потребность во времени для ее выполнения резко изменяются при переходе к смежным по шкале масштабам (см. табл. 1, 2, 3). Например, при съемке 1 км² местности средней категории и с сечением рельефа через 0,5 м различие в стоимости работ для масштабов 1:500 и 1:1000 составляет 21000 рублей, а различие во времени—51,9 рабочих дня. Это обстоятельство заслуживает самого серьезного внимания, так как правильный выбор масштаба топосъемки важен не только для достаточно точного решения задач изысканий и проектирования, но и для сбережения средств и времени при выполнении самой топосъемки.

Однако в специальной литературе недостаточно полно и целенаправленно освещены технические и экономические обоснования выбора наиболее подходящего масштаба ведомственных топосъемок (см. [1], [2], [3], [4], [5]). Проектные отделы свои требования к топографо-геодезическим работам формулируют в самых общих чертах. И этот весьма важный вопрос практически решается пока еще по-разному; как правило,—на основании случайно сложившихся традиций, опыта и интуиции проектировщика. Опыт по выбору масштаба съемок не обобщается; вследствие этого на производстве при его выборе часто исходят не из потребности иметь достаточно точный съемочный материал, а из удобства проектирования. Такой неправильный подход приводит к тому, что, несмотря на значительное напряжение в выполнении большого объема специальных топосъемок, в них допускаются излишества.

Появление излишеств, по нашему мнению, объясняется рядом причин.

Прежде всего, сказывается то обстоятельство, что проектные отделы недостаточно вникают в экономическую сторону дела и по-

тому недооценивают резкого различия в стоимости работ и потребности времени при составлении топопланов смежных масштабов.

Далее, обычны случаи, когда проектировщик, не зная допустимых погрешностей для отдельных стадий изыскательских работ (так как эти погрешности в большинстве случаев не установлены) и страхуя себя, стремится к завышенным точностям, а геодезист беспрекословно выполняет его заказ.

Наконец, довольно часто наблюдается, что при выборе масштаба топосъемки не разделяют требования необходимой точности ее и удобства проектирования, а исходят из одновременного удовлетворения этим обоим требованиям. Нередко проектировщики требуют более крупного изображения местности, чем на имеющемся топоплане, однако, без повышения точности и степени детальности, объясняя это тем, что иначе затемнится план и невозможно показать все необходимые проектные данные. Например: „В техническом проекте, представленном отделением Гипрокоммунстрой, для планировки и земельно-хозяйственного устройства одного из городов, предусматривалась съемка на площади 300 км^2 в масштабе $1:5000$. По рекомендации отдела Госгеонадзора, Гипрокоммунстрой без ущерба для качества проектных работ использовал имеющиеся планы в масштабе $1:10000$, увеличив их до масштаба $1:5000$. В результате этого, планируемые затраты средств уменьшились более чем на 1 млн. рублей“ (см. [4], стр. 33).

Аналогичные данные, подтверждающие указанные выше причины завышения масштабов топосъемок, можно привести и по многим другим ведомствам. Так, в практике геологических изысканий геологи требуют топокарту даже в более крупном масштабе, чем масштаб геологической съемки; при детальной разведке полезных ископаемых широко распространены топосъемки масштабов $1:1000$ и $1:500$. Бывают случаи, когда при детальной геологической съемке геологи задают масштаб топографической съемки всей исследуемой территории такой, в котором требуется снимать участки оползней, карста и т. д.¹⁾

Следует отметить, что действующие инструкции Министерства геологии и охраны недр нечетко определяют масштабы съемок для геологоразведочных работ и исходят скорее из удобства проектирования, рекомендуя, чтобы контуры подсчитанных запасов были геометризованы на планах и разрезах масштаба, более крупного, чем масштаб топоосновы, используемый при подсчете. Например (см. [6], стр. 13. § 24): „Запасы подсчитаны по топографической основе масштаба $1:1000$ или $1:2000$ и геометризованы на разрезах того же, а при необходимости более крупного масштаба с указанием литологически и качественно различных слоев, составляющих полезную толщу“. Или ([6], § 27): „...Площадь распространения и мощность полезной толщи могут быть установлены ориентировочно на основании хотя бы редких выработок или обнажений и геологических соображений. Для подсчета запасов может быть использована топографическая основа любого масштаба, допускающего геометризацию предполагаемых контуров распределения полезного ископаемого“. В инструкциях классификации запасов марганцевых руд и по россыпным месторождениям графита, олова, вольфрама масштабы топосъемок совер-

¹⁾ Данные получены путем ознакомления в 1956—1958 гг. с материалами инженерного отдела ГИПРОГОРа (Москва, гл. инженер проекта Н. П. Теренецкий), Западно-Сибирского геологического управления (Новокузнецк, зам. начальника производ. отдела Н. Г. Четвертухин), Желдорпроекта (Томск, нач. партии стройматериалов И. Т. Ячменев), комплексной геологоразведочной экспедиции (Томск, нач. топартии Юстенько И. В.) и др.

шенно не указываются. Для каждой отдельной стадии разведки инструкциями предусматривается два масштаба. В каких случаях надо применять тот или иной масштаб, пояснений нет, и, вообще, так ли необходим один из этих двух масштабов, а, может быть, можно применить и третий.

Такой подход к выбору масштаба топоъемки экономически себя не оправдывает, о чем свидетельствуют табл. 1, 2, 3.

Изучая таблицы, видим, что стоимость и потребность во времени на производство съомок смежных по шкале масштабов изменяется в 2—3 раза. При этом различие в стоимости и потребность во времени на производство съомок смежных масштабов тем больше, чем крупнее масштабы.

Таблица 1

Стоимость плана на 1 км² в одном экземпляре в зависимости от масштаба и метода съемки (по [9])

| Масштаб съемки и сечение рельефа горизонталями | Цена в рублях | | |
|---------------------------------------------------|---------------------|----|-----|
| | категория сложности | | |
| | I | II | III |

Мензульная съемка

| | | | |
|--------------------|-------|-------|-------|
| 1:500 через 0,25 м | 23000 | 43500 | 83200 |
| 1:500 " 0,5 | 20800 | 38000 | 70400 |
| 1:1000 " 0,25 | 10800 | 20900 | 37300 |
| 1:1000 " 0,5 | 9650 | 16800 | 29500 |
| 1:1000 " 1,0 | 8970 | 15600 | 27400 |
| 1:2000 " 0,5 | 4800 | 9210 | 16500 |
| 1:2000 " 1,0 | 4480 | 8380 | 15200 |
| 1:5000 " 0,5 | 2260 | 4390 | 7180 |
| 1:5000 " 1,0 | 2140 | 3950 | 6860 |
| 1:5000 " 2,0 | 2070 | 3730 | 6490 |

Тахеометрическая съемка

| | | | |
|--------------------|-------|-------|--------|
| 1:500 через 0,25 м | 25500 | 50300 | 100000 |
| 1:500 " 0,5 | 23000 | 43500 | 83900 |
| 1:1000 " 0,5 | 10300 | 18500 | 33600 |
| 1:1000 " 1,0 | 9580 | 17000 | 30800 |
| 1:2000 " 0,5 | 5020 | 9840 | 18000 |
| 1:2000 " 1,0 | 4650 | 8860 | 16400 |
| 1:5000 " 0,5 | 2380 | 4680 | 7780 |
| 1:5000 " 1,0 | 2200 | 4140 | 7370 |
| 1:5000 " 2,0 | 2120 | 4140 | 7370 |

В целях экономии средств и времени масштаб съемки должен быть не крупнее масштаба, требуемого точностью проектирования.

Выбирая масштаб съемки, следует учитывать, для какой цели в дальнейшем используется план, и подходить к выбору масштаба

дифференцированно, от общего к частному, с учетом стадии изысканий. При этом незначительно делать топосъемку всей исследуемой территории в том же масштабе, в котором требуется снимать отдельные (ответственные) участки.

Таблица 2

Потребность времени в днях на топосъемку 1 км² в зависимости от масштаба и метода съемки (по [10])

| Масштаб съемки и сечение рельефа горизонталями | Время в днях | | |
|------------------------------------------------|---------------------|----|-----|
| | категория сложности | | |
| | I | II | III |

Мензульная съемка

| | | | |
|--------------------|-------|--------|--------|
| 1:500 через 0,25 м | 32,30 | 111,10 | 250,00 |
| 1:500 " 0,5 | 25,00 | 76,90 | 200,00 |
| 1:1000 " 0,25 | 13,89 | 41,67 | 100,00 |
| 1:1000 " 0,5 | 10,00 | 25,00 | 55,56 |
| 1:1000 " 1,0 | 7,69 | 16,67 | 50,00 |
| 1:2000 " 0,5 | 5,26 | 16,67 | 40,00 |
| 1:2000 " 1,0 | 3,70 | 11,11 | 22,22 |
| 1:2000 " 2,0 | 2,50 | 8,33 | 16,67 |
| 1:5000 " 0,5 | 2,00 | 6,25 | 14,30 |
| 1:5000 " 1,0 | 1,43 | 3,57 | 10,00 |
| 1:5000 " 2,0 | 1,11 | 2,50 | 8,33 |
| 1:5000 " 5,0 | 0,77 | 1,67 | 4,00 |

Тахеометрическая съемка

| | | | |
|------------------|-------|-------|--------|
| 1:500 через 0,25 | 22,22 | 66,67 | 142,86 |
| 1:500 " 0,5 | 16,67 | 50,00 | 111,11 |
| 1:1000 " 0,25 | 8,33 | 27,78 | 62,50 |
| 1:1000 " 0,5 | 5,00 | 15,15 | 32,26 |
| 1:1000 " 1,0 | 3,85 | 9,71 | 27,78 |
| 1:2000 " 0,5 | 2,56 | 7,69 | 16,67 |
| 1:2000 " 1,0 | 1,89 | 5,56 | 11,90 |
| 1:5000 " 0,5 | 1,18 | 3,23 | 7,14 |
| 1:5000 " 1,0 | 0,83 | 2,17 | 5,00 |
| 1:5000 " 2,0 | 0,69 | 1,37 | 4,17 |

По нашему мнению, основными требованиями, определяющими масштаб съемки, являются:

1. Необходимая точность проектировочных данных, графически определяемых по плану.

2. Удобство проектирования.

3. Подробность изображения специальных элементов, которые должны указываться в задании.

При выборе масштаба указанные требования следует разделять по их важности, подчиняя второе и третье—первому, т. е. произво-

дить съемку в таком масштабе, точность которого соответствует необходимой точности проектировочных данных, определяемых по соответствующему плану.

Таблица 3

Потребность времени и стоимость изготовления штрихового плана на 100 км² в 1 экземпляре на жесткой основе без горизонталей по материалам аэрофотосъемки (по [10])

| Состав работ | Масштаб плана 1:25000 | | Масштаб плана 1:10000 | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------------------|--------------------------|---------------------|
| | Требуемых т/дн. | Стоимость в руб. | Требуемых т/дн. | Стоимость в руб. |
| Летно-съемочные работы | — | 2860 | — | 5900 |
| Прием летно-съемочных работ | — | 30 | — | 50 |
| Плановая привязка снимков и дешифрирование | 28,4 | 3350 | 48,9 | 5900 |
| Фотограмметрические работы и изготовление (монтаж) фотоплана | 5,9 | 690 | 31,8 | 2150 |
| Накладка геологических выработок по координатам, перенос дешифрировки на фотоплан, вычерчивание фотоплана в условных знаках и репродуцирование в 1 экземпляре | 15,3 | 1800 | 51,9 | 7610 |
| Итого: | | 8730 | | 21610 |
| В том числе без летно-съемочных работ | 49,6 | 5840 | 132,6 | 15660 |

Что касается удобства проектирования, то оно достигается последующим увеличением изображения или же результат съемки сразу наносится на планшет в масштабе, удобном для проектирования.

Если по каким-либо соображениям точность определения положения отдельных местных предметов должна быть выше точности оригинала, то в этих случаях, кроме графического плана, следует давать аналитические данные (координаты, углы, расстояния, отметки), характеризующие положение таких местных предметов. Аналитические данные удобнее определять одновременно с развитием рабочего обоснования.

При необходимости оригинал для наиболее ответственных участков может быть составлен с большей подробностью.

Такой путь дает возможность вдвое и более ускорить получение плана, а также в 2—3 раза сэкономить средства, затрачиваемые на съемку. Это подтверждается табл. 4, 5.

Сравнивая таким же образом способы получения планов других смежных масштабов, убеждаемся, что при выборе масштаба специальной топосъемки нецелесообразно стремиться к одновременному удовлетворению требований необходимой точности и удобства проектирования (как это делается до сих пор). Более правильным будет удовлетворять, в первую очередь, требованию необходимой точности съемки. Такой подход вполне обеспечит решение задач изысканий и проектирования и даст значительную экономию средств и времени.

Из всего сказанного выше следует, таким образом, что при выборе масштаба нужно исходить из основного требования, чтобы средняя квадратическая ошибка в положении точки на плане M_n не пре-

вышала заданную точность (ср. кв. ошибку) проектировочных данных $M_{пр}$, определяемых по плану, т. е.

$$M_{п} \leq M_{пр}. \quad (1)$$

Таблица 4

Сравнительная стоимость планов, полученных различными способами (в процентах)

| Масштаб съемки | Категория сложности | | | |
|-------------------------------------------------------|---------------------|-----|-----|-----------|
| | I | II | III | в среднем |
| 1:500 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1:1000 с последующим увеличением изображения до 1:500 | 44 | 38 | 29 | 37 |

Таблица 5

Сравнительная потребность времени на получение планов различными способами (в процентах)

| Масштаб съемки | Категория сложности | | | |
|-------------------------------------------------------|---------------------|-----|-----|-----------|
| | I | II | III | в среднем |
| 1:500 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| 1:1000 с последующим увеличением изображения до 1:500 | 40 | 32 | 28 | 33 |

Входящая в (1) ср. кв. ошибка $M_{п}$ зависит от ряда факторов, важнейшими из которых являются:

- 1) ошибка исходных геодезических данных m_1 ;
- 2) ошибка рабочего геодезического обоснования m_2 ;
- 3) ошибка в определении положения пикетной (реечной) точки m_3 ;
- 4) ошибка графического построения (определения) m_4 ;
- 5) ошибка за счет деформации бумаги m_5 .

Все перечисленные ошибки будут действовать независимо одна от другой. Поэтому их совместное влияние в общем виде можно выразить так:

$$M_{п}^2 = m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2 + m_5^2. \quad (2)$$

Тогда основное требование выбора масштаба (формула 1) примет вид:

$$M_{пр}^2 \geq m_1^2 + m_2^2 + m_3^2 + m_4^2 + m_5^2 \quad (3)$$

или

$$m_4^2 \leq M_{пр}^2 - m_1^2 - m_2^2 - m_3^2 - m_5^2. \quad (4)$$

Выражая теперь ошибку графического построения на плане m_4 через знаменатель численного масштаба плана M , мы из соотношения (4) можем определить далее знаменатель численного масштаба съемки, удовлетворяющий поставленному требованию:

$$M = \sqrt{\frac{M_{пр}^2 - m_1^2 - m_2^2 - m_3^2 - m_5^2}{\delta^2}}. \quad (5)$$

Здесь через δ обозначено наименьшее расстояние на плане, видимое невооруженным глазом.

Пример.

На основании приведенных выше общих соображений рассмотрим далее выбор масштаба топоъемки, используемой при разведке месторождений полезных ископаемых.

Во всех случаях изысканий совершенно нецелесообразно требовать масштаб топоплана более крупным, чем масштаб составляемой геологической карты. Объясняется это тем, что число определяемых геологических съемочных точек на одну и ту же площадь во много раз меньше числа топографических съемочных точек при таком же масштабе съемки. Так, при съемке в масштабе 1:25000 геологи могут обойтись всего 3 точками, расположенными на 1 км² и притом не в характерных, а в значительной мере случайных местах геологического строения, которое еще не изучено в период геологической съемки; при съемке в масштабе 1:10000 инструкция требует всего 17 геологических выработок на 1 км². Поэтому совершенно ясно, что результаты геологической съемки масштаба, равного масштабу топоплана, получаются с явно меньшей точностью и подробностью, чем результаты соответствующей топоосновы (см. [2]).

Указание брать основой для геологической съемки топокарту более крупного масштаба, чем намеченный масштаб геологической карты, имеет смысл только для мелкомасштабных съемок (1:500000, 1:200000, 1:100000). Однако нередко наблюдается, что это же требование совершенно необоснованно, чисто механически переносится и на крупномасштабные съемки, где необходимости в этом уже нет, так как последние освещают местность достаточно подробно.

Масштаб плана должен быть таким, чтобы графически определенные по нему элементы были достаточно точны. При определении достаточной степени точности воспользуемся производственным допуском на топографо-геодезические работы при разведке месторождений полезных ископаемых, а именно $\pm 1,0$ м (см. [7]).

Разбивка на местности точек геологических выработок с приведенной ошибкой допустима во всех видах изысканий, так как указанная ошибка $M_{пр} = \pm 1,0$ м не превышает пределов точности расчетов по определению запасов полезного ископаемого. Тем более, что правильность геологической характеристики будет одинаково вероятна, независимо от того, совпала ли выработка в точности с запроектированной точкой или отклонилась от нее на 1–2 м.

Выясним теперь масштаб топоплана, точность которого соответствует указанному выше производственному допуску.

Согласно инструкции ГУГК [8], точность планов масштабов 1:5000 и 1:2000 должна удовлетворять следующим требованиям:

а) средняя ошибка в положении на плане точек планового съемочного обоснования относительно пунктов триангуляции или полигонометрии не должна превышать $\pm 0,1$ мм;

б) средняя ошибка в положении на плане предметов и контуров местности относительно ближайших точек планового съемочного обоснования не должна превышать $\pm 0,4$ мм.

При указанных допусках для сред. квадр. ошибки m в положении точки на плане относительно пунктов главной геодезической основы получим:

$$m = \pm \sqrt{(0,1)^2 + (0,4)^2} = \pm 0,4 \text{ мм.}$$

Учитывая далее требования инструкции и производственный допуск на топо-геодезические работы, можно с полным основанием

утверждать, что во всех случаях изыскания месторождений полезных ископаемых топографическую съемку масштаба крупнее 1:2000 производить нецелесообразно. Это вытекает из того, что топоплан масштаба 1:2000 обеспечивает точность графической подготовки проекта расположения выработок со средней ошибкой $\pm 0,8$ м ($0,4$ мм \times 2000) при допуске в $\pm 1,0$ м.

Таким образом, обобщая изложенные выше соображения, мы приходим к заключению, что топографические съемки при детальной разведке месторождений полезных ископаемых целесообразно производить в масштабах: 1:5000 — 1:2000, с последующим увеличением изображения при необходимости до нужного размера. Топосъемку масштаба 1:2000 следует производить при разведке полезных ископаемых высоких категорий, когда выполняется графическая привязка выработок.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г л о т о в Г. Ф. Геодезические работы на строительной площадке промышленного предприятия. Геодезиздат, М., 1955.
2. С и р о т к и н М. П. Геодезические работы при геологических и гидрологических изысканиях для гидростроительства. Геодезиздат, М., 1955.
3. С и р о т к и н М. П. О выборе масштаба топографической съемки для проектирования осушительной сети. Геодезия и картография, № 12, 1958.
4. Н а л и в к и н А. Н., С п а с с к и й Н. Н. Задачи отделов Государственного геодезического надзора в деле снижения стоимости топографо-геодезических работ. Геодезия и картография, № 3, 1959.
5. К у р у ш и н А. М. О топографических съемках для подсчета запасов полезных ископаемых. Геодезия и картография, № 10, 1959.
6. Инструкция по применению классификации запасов к месторождениям цементного сырья. Госгеолтехиздат, М., 1954.
7. Ф и а л к о в Д. Н. Производственный допуск на геодезические работы при разведке месторождений полезных ископаемых. Сборник научных трудов ТИСИ, том V, 1959.
8. Инструкция по топографической съемке в масштабе 1:5000 и 1:2000, ГУГК МВД СССР. Геодезиздат, М., 1955.
9. Справочник укрупненных показателей стоимости проектных и изыскательских работ, М., 1956.
10. Единые нормы выработки на геодезические и топографические работы. Геодезиздат, М., 1954.
11. К р у м е л и с В. А. Крупномасштабная съемка застроенных территорий графическим методом. Геодезия и картография, № 9, 1957.